

А. С. Денисова*, И. В. Иванов

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

**bann2010@mail.ru*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *А. А. Никулина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВСТАВОК НА СТРУКТУРУ СВАРНОГО ШВА РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ

В качестве объектов исследования использовались сварные соединения между заготовками из сталей Э76 и 12Х18Н10Т с барьерным слоем, полученные методом стыковой контактной сварки оплавлением. Проведены структурные исследования сварных соединений с дополнительной вставкой из стали 20 различной толщины после термической обработки и в исходном состоянии. Также проведена оценка микротвердости структурных составляющих.

Ключевые слова: разнородные стали, контактная сварка, барьерный слой, структура.

A. S. Denisova, I. V. Ivanov

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT AND BARRIER LAYERS ON THE STRUCTURE OF DISSIMILAR STEELS WELDED JOINTS

Welded joints of railway elements after heat treatment were studied. Additional barrier layer between chromium-nickel and carbon steels was used to improve the reliability of the welded joints. Microstructures and microhardness measurements results were reported.

Keywords: welded joints, thermal treatment, structure.

Стрелочный перевод – один из главных элементов железнодорожного пути. Он является комбинированной конструкцией, состоящей из крестовины и рельсового окончания. Сварной стрелочный перевод обладает очевидными преимуществами по сравнению с болтовым соединением. За счет непрерывной геометрии повышается надежность и долговечность конструкции, исключается выкрашивание поверхности крестовины и рельса. Также сварка позволяет экономить на дорогостоящей стали Гадфильда [1–3]. Технологический прогресс приводит к повышению требований к надежности стрелочных переводов за счет увеличения скорости движения поездов и их веса. Использование крестовин с трещинами недопустимо, поэтому способ их соединения с

рельсами должен обеспечивать высокую трещиностойкость и прочность применяемых материалов [4].

Согласно патенту [5] между сталями Э76 и 110Г13Л используют промежуточную вставку из стали 12Х18Н10Т. Данная вставка способствует совмещению условий сварки стали Гадфильда и рельсовой. Соединение между хромоникелевой и высокомарганцевистой сталями получается хорошего качества, так как обе стали принадлежат к аустенитному классу и различаются лишь химическим составом. Однако рельсовая и хромоникелевая стали принадлежат к разным структурным классам. В процессе формирования сварного шва образуется сложная переходная зона с мартенситной прослойкой, понижающей трещиностойкость конструкции [6].

В работе [7] рассмотрена термическая обработка как способ устранения мартенсита. Заготовки из разнородных сталей подвергали отпуску в диапазоне температур 300–800 °С и высокотемпературному отжигу при 1000 °С. Исследования микроструктуры показали, что после отпуска ширина переходной зоны увеличилась с 1000 до 2000 мкм. Распада мартенсита не произошло, его твердость достигает 600 НV. Отжиг приводит к значительному увеличению ширины переходной зоны, снижению твердости исходных сталей и образованию карбидов. Таким образом, термическая обработка не способствует увеличению надежности конструкции.

Целью данной работы являлось исследование влияния термической обработки на структуру сварного шва с дополнительной промежуточной низкоуглеродистой вставкой.

Объектом исследований являлись образцы, вырезанные из сварных соединений между заготовками из разнородных сталей 12Х18Н10Т и Э76, выполненных контактной стыковой сваркой без низкоуглеродистой вставки и со вставками толщиной 5 и 20 мм. Вставка выполнялась из стали 20. Структурные исследования образцов проводились на световом микроскопе Carl Zeiss Axio Observer Z1m. Оценку микротвердости проводили на микротвердомере для проведения испытаний по Виккерсу 402MVD.

При сварке разнородных сталей Э76 и 12Х18Н10Т низкоуглеродистая сталь служит барьером [8–9], который уменьшает диффузию углерода из рельсовой стали в аустенитную и легирующих элементов из хромоникелевой стали в высокоуглеродистую. Схема сварного соединения с барьерным слоем представлена на рис. 1. На рис. 2, а можно увидеть структуру исходного сварного шва без барьерной вставки. За счет механического перемешивания сталей и интенсивных процессов диффузии структура шва неоднородна. Ширина переходной зоны составляет 1000–1500 мкм. В рельсовой стали наблюдаются

локальные высоколегированные участки с аустенитно-мартенситной структурой, также присутствует сплошная мартенситная прослойка.

Применение низкоуглеродистых вставок приводит к уменьшению толщины переходной зоны и снижению степени неоднородности сварного шва. Мартенсит в локальных легированных областях обладает повышенной микротвердостью около 800 HV. Ранее проведенные исследования [11] показали, что оптимальная толщина вставки 5–20 мм. При использовании вставок большей толщины формируется нежелательный самостоятельный ферритный слой (рис. 2, б).

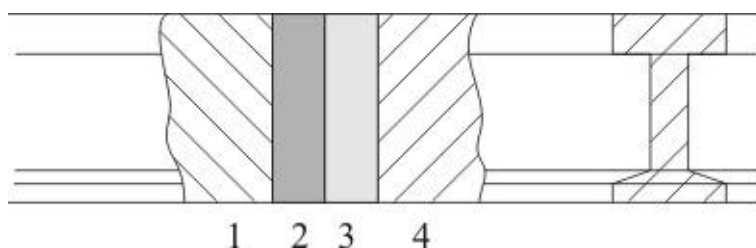


Рис. 1. Схема сварного соединения: 1 – рельс Э76; 2 – вставка сталь 20; 3 – вставка 12X18H10T; 4 – крестовина 110Г13Л [10]

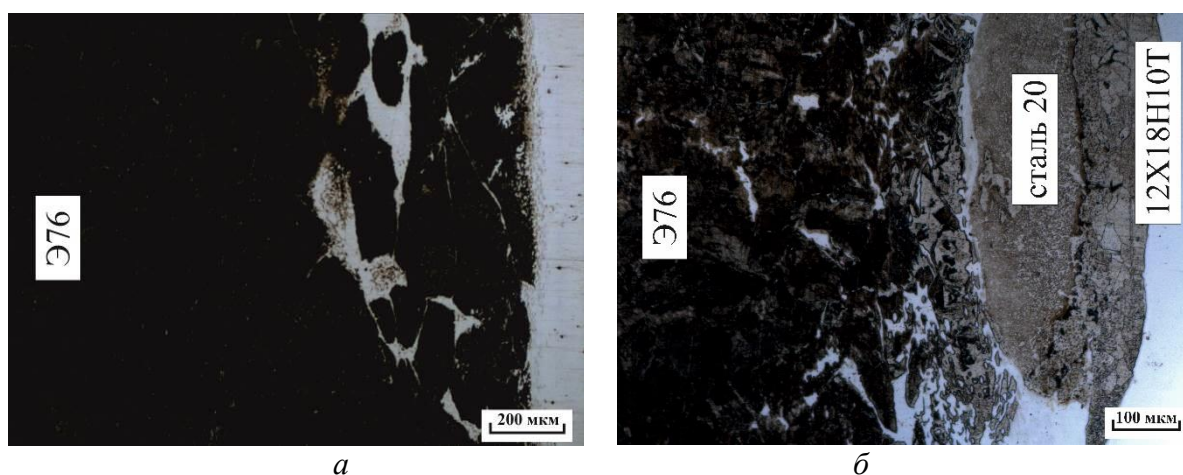


Рис. 2. Общий вид сварного шва между сталями Э76 и 12X18H10T, сваренных без вставки – а и через низкоуглеродистую вставку толщиной 20 мм – б

Сварные соединения были подвергнуты термической обработке при температурах 300, 400 и 600 °С. На рис. 3 приведены микрофотографии образцов после термической обработки при 600 °С. Низкотемпературный отпуск в незначительной степени изменяет структуру сварного шва. Большее влияние он оказывает на микротвердость структурных составляющих. Твердость мартенсита в локальных легированных областях снизилась с 690 до 460 HV, мартенситной прослойки – до 360 HV. Следует отметить, что на образцы без барьерного слоя термическая обработка такого влияния не оказывала.

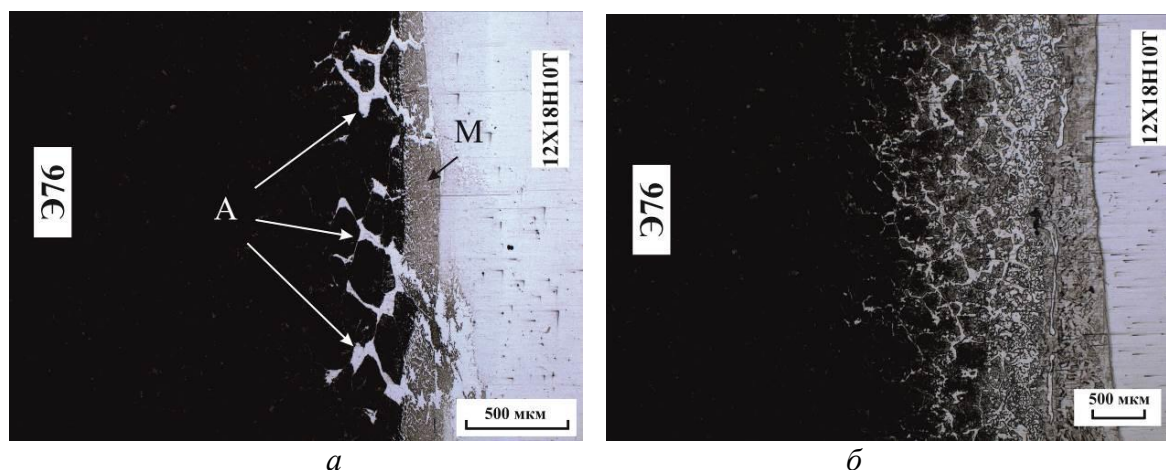


Рис. 3. Структура сварного шва после отпуска при 600 °С: *а* – для вставки толщиной 5 мм, *б* – для вставки толщиной 20 мм. А – аустенит, М – мартенситная прослойка

Таким образом, дополнительная низкоуглеродная вставка положительно сказывается на надежности сварного соединения. Барьерный слой препятствует диффузии легирующих элементов, вследствие чего уменьшается объемная доля мартенсита. Отпуск способствует снижению твердости хрупкой высокопрочной структуры. В дальнейшем планируется провести высокотемпературный отжиг и механические испытания сварных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhipeng C. Residual stresses in flash butt welded rail // Transactions of JWRI, 2011. V. 40. No.1. pp. 79–87.
2. Генкин И. З. Сварные рельсы и стрелочные переводы // Путь и путевое хозяйство. 2000. № 12. С. 14–20.
3. Контактная стыковая сварка железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями через промежуточную вставку / С. И. Кучук-Яценко [и др.] // Автоматическая сварка. 2005. № 1. С. 6–9.
4. Глюзберг Б. Э. Высокоскоростное движение и проблемы стрелочного хозяйства // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 4. С. 3–7.
5. Пат. 1819305 СССР. Способ соединения деталей стрелки / Блумауер Й. – № 5001090/11; заявл. 19.07.91; опубл. 30.05.93. Бюл. № 20. 2 с.
6. Особенности хрупкого разрушения сварных соединений разнородных сталей / А. А. Бивалькевич, А. А. Батаев, В. Г. Буров, В. А. Батаев, С. В. Хлебников // Ползуновский вестник. 2005. № 2–2. С. 44–46.
7. Thermal treatment of dissimilar steels' welded joints / A. A. Nikulina, A. S. Denisova, I. N. Gradusov, P. A. Ryabinkina, M. V. Rushkovets // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2016. V. 124. Art. 012131.
8. Tomashhuk I., Sallamand P., Jouvard J. M. Multiphysical modeling of dissimilar welding via interlayer // Journal of Materials Processing Technology. 2011. V. 211. pp. 1796–1803.

9. Madhusudhan Reddya G., Venkata Ramana P. Role of nickel as an interlayer in dissimilar metal friction welding of maraging steel to low alloy steel // Journal of Materials Processing Technology. 2012. V. 212. pp. 66–77.
10. Пат. 2361030 Российская Федерация. Способ сварного соединения крестовины из марганцовистой стали с рельсом из углеродистой стали / Батаев А. А., Батаев В. А., Буров В. Г., Никулина А. А., Захаревич Е. Е., Батаев И. А., Головин Е. Д., Огнев А. Ю., Ильин Г. П., Ежак В. Ф., Хлебников С. В. – № 2007142082/11; заявл. 13.11.2007; опубл. 10.07.2009.
11. Simulation of structure formation processes of dissimilar steels welded joints using an intermediate layer / A. A. Nikulina, V. Yu. Skeebe, A. Chevakinskaya, P. N. Komarov // Applied Mechanics and Materials. 2015. V. 788. P. 218–224.